

Simo Seppänen

# UPS-järjestelmän suunnittelu tehovälillä 3-15 kVA

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

3.5.2015

Tekijä Otsikko	Simo Seppänen UPS-järjestelmän suunnittelu tehovälillä 3-15 kVA
Sivumäärä Aika	28 sivua + 5 liitettä 3.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkövoimatekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Asiakkuuspäällikkö Jarmo Seppänen Lehtori Eero Kupila
<p>Tämän insinöörityön tavoitteena oli tutkia UPS-järjestelmän suunnittelua. Työssä keskityttiin pääasiallisesti 3-15 kVA:n UPS-laitteiden tehovälille, mutta osaa käsitellyistä asioista voi soveltaa myös muun tehoisilla UPS-laitteilla tehtäviin toteutuksiin.</p> <p>Työssä valittiin tehoalueelle sopiva UPS-laite ja perehdyttiin sen toimintaperiaatteisiin sekä erilaisiin toteutusmahdollisuuksiin. Tämän jälkeen tutkittiin varmennettavaan verkkoon vaikuttavia häiriöitä sekä esitettiin järjestelmän mitoittamiseen ja suunnitteluun merkittävät vaiheet. Verkon suojauksessa käsiteltiin vikatilanteet verkkovirralla sekä akustokäytöllä.</p> <p>Tämän jälkeen tehtiin esimerkki järjestelmän suunnittelusta, jossa valittiin sopiva UPS-laite, valittiin siihen sopivat suojalaitteet sekä laskettiin varmennetun verkon puolella ryhmäkeskuksista lähtevien kaapeleiden maksimipituuksia sekä jännitehäviöt. Lopuksi käsiteltiin vielä järjestelmän huoltoon liittyviä asioita. Raportin jälkeen laskettiin taulukko kaapeleiden maksimipituuksista eri UPS-laitteilla ja suojauksilla. Tämä taulukko löytyy opinnäytetyön liitteistä.</p>	
Avainsanat	UPS, On-line, suunnittelu

Author Title	Simo Seppänen UPS-System Designing in Power Levels Between 3-15 kVA
Number of Pages Date	28 pages + 5 appendices 3 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Jarmo Seppänen, Director of planning Eero Kupila, Senior lecturer
<p>The aim of this thesis was to study designing of the UPS-system. The study focuses mainly on the power levels between 3 to 15 kVA but part of the text can also be applied to other ranges of UPS-devices.</p> <p>The first task in this work was to choose a suitable UPS-device to the designated power level, study the basic principalities of the device and show different solutions of the system. After this the most common failures towards the UPS-system and its protected grid was researched, followed by the presentation of the most significant phases and issues concerning the designing of the UPS-system. When studying the electrical protection of the system, fault situations with voltage coming from distribution network and from the battery were covered.</p> <p>After this, an example of the designing the system was made. A suitable UPS-device was selected with the proper protectors. Then the calculations in the protected grid were made in order to define the maximum lengths of the cables and their voltage losses.</p> <p>In conclusion, the issues regarding the maintenance of the system were covered. After the report, a table consisting of maximum cable lengths with different devices and protections was calculated. This can be found in the appendixes of the thesis.</p>	
Keywords	UPS, On-line, designin

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Määritelmät	2
3	UPS-laitteiden ratkaisut	2
3.1	UPS-laitteista yleisesti	2
3.2	Kahden muunnoksen UPS-laite	3
3.3	Redundanttisuus	4
3.4	Hajautettu järjestelmä	5
3.5	Keskitetty järjestelmä	6
4	UPS-järjestelmän suunnittelu	6
4.1	Kohteen analysointi	6
4.2	Sähkönsyötön häiriöt	7
4.3	Tehonlähteiden tehon määrittely	7
4.4	Varmennusaika	11
4.5	Huolto- ja korjaustilanteet	11
4.6	Akusto	12
5	Varmennetun verkon suojaus	12
5.1	Ylikuormitussuoja	12
5.2	Oikosulkusuojaus	14
5.3	Kosketusjännitesuojaus	15
5.4	Maadoitus	16
5.5	Selektiivisyys	17
6	UPS- järjestelmän esimerkkimitoitus	18
6.1	UPS-laitteen valinta	18
6.2	Järjestelmän suojaus	19
6.3	Kaapelipituudet	20
6.4	Jännitehäviön laskeminen	22
7	Järjestelmän huolto	24
7.1	UPS-laitteiston huolto	24

7.2 Akuston huolto	24
8 Yhteenveto	25
Lähteet	27

#### Liitteet

Liite 1. UPS-laitteiden ryhmäkeskuksista lähtevien kaapeleiden maksimipituuksia akus-  
tokäytöllä

Liite 2. Eaton 9155 UPS-laitteen johdotuskaavio

Liite 3. ITI (CBEMA) – käyrästä

Liite 4. Suojalaitteiden toimintakäyrät

Liite 5. Eaton UPS-laitteiden teknisiä tietoja

## Lyhenteet

UPS	Uninterruptible Power Supply. Keskeytymättömän tehon järjestelmä
VA	Volttiampeeri
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor. Suuritehoinen bipolaaritransistori
IEEE	Institute of Electrical And Electronics Engineers
VRLA	Valve Regulated Lead Acid. Venttiilisuljettu lyijyakku
SFS	Suomen Standardoimisliitto
THD	Total harmonic distortion, harmoninen kokonaissärö
CBEMA	Computer and Business Equipment Manufacturer's Association
ITIC	Information Technology Industry Council

## 1 Johdanto

UPS-järjestelmiä käytetään turvaamaan IT-laitteiden ja muiden sähkölaitteiden virransyöttöä lyhyiden katkosten aikana sekä suojaamaan laitteistoja verkon jännitehäiriöiltä. Yhä useammat järjestelmät ovat riippuvaisia sähköstä ja katkeamattoman sähkönsyötön tarpeellisuus on kasvanut.

Tässä insinööritoimistossa käsitellään 3-15 kVA tehoisten UPS-järjestelmien valintaan, käyttöön ja huoltoon vaikuttavia asioita. Työn avulla pyritään ymmärtämään, miten eri kokoluokkien UPS-järjestelmät eroavat toisistaan ja mitkä niiden vaatimukset ovat. Työn tilaaja on Granlund Oy. Useissa Granlund Oy:n suunnittelemissa liiketiloissa käytetään UPS-järjestelmää juuri tällä tehovälillä ja tämän tehoalueen tutkiminen tukee yrityksen sähkösuunnittelua.

Järjestelmien sisällön tutkimisessa tärkeimmät kohteet ovat UPS-laite, akusto sekä suojalaitteistot. Akustosta tutkitaan akuston kokoon sekä kestoon vaikuttavia tekijöitä sekä tehdään oikosulkulaskelmia niin syöttö- kuin akustotilanteessa. Suojausten tutkimisessa käydään läpi järjestelmien eri suojausmenetelmät. Näiden laskelmien lopputuloksena esitetään kaapeleiden maksimipituuksia eri sulakekooilla. Lopuksi käydään läpi järjestelmän ylläpitoon ja huoltoon vaikuttavia seikkoja.

Granlund Oy on vuonna 1960 perustettu talotekniikkasuunnittelun, kiinteistö-, energia- ja ympäristöasioiden konsultoinnin sekä ohjelmistojen asiantuntijakonserni, joka on johtava toimija kaikilla palvelualueillaan. Konsernilla pääkonttori sijaitsee Helsingissä ja muita toimipisteitä sillä on Espoossa, Lahdessa, Lappeenrannassa, Imatralla, Riihimäellä, Hämeenlinnassa, Tampereella, Vaasassa, Seinäjoella, Kuopiossa, Savonlinnassa, Joensuussa ja Kouvolassa. Työntekijöitä konsernissa on yli 500.

## **2 Määritelmät**

### **2.1 Varavoimajärjestelmä**

Varavoimajärjestelmä määritellään SFS 6000-1 standardin 826-10-07 mukaan seuraavasti: Varavoimajärjestelmä on syöttöjärjestelmä, jonka tarkoituksena on varmistaa asennuksen tai sen osan toiminnan jatkuminen normaalin syötön keskeytyessä. [1]

### **2.2 UPS-järjestelmä**

UPS-järjestelmä on keskeytymättömän tehon järjestelmä ja sitä ei tule sekoittaa varavoimajärjestelmään. UPS-laite syöttää häiriötöntä ja katkeamatonta vaihtosähköä kriittisille kuormille. Sähkönsyöttöön käytetään syöttävän sähköverkon energiaa silloin, kun sitä on saatavilla, ja muina aikoina käytetään akustoon varastoitua energiaa. Sen perustoimintoihin kuuluvat vaihtosähkön muuttaminen tasasähköksi ja tasasähkön muuttaminen vaihtosähköksi sekä automaattinen UPS-laitteen ohitustoiminto ylikuorma- ja vikatilanteita varten. [2]

## **3 UPS-laitteiden ratkaisut**

### **3.1 UPS-laitteista yleisesti**

UPS-laitteita on kahden tyyppisiä, staattisia ja dynaamisia. Staattisten UPS-laitteiden periaate perustuu vaihtosähkön muuntamisesta tasasähköksi ja siitä takaisin vaihtosähköksi puolijohdesiltoja käyttäen. Niissä on myös yleisesti ohitustoiminto vika- ja huoltotilanteita varten. Dynaamisilla laitteilla toiminta tapahtuu samalle akselille kytke-tyillä moottori-generaattoriyhdistelmillä, jolloin varmistettavan verkon kuorma jännitteen generaattorin käämeistä. Energiavarastona käytetään huimamassaa ja akustoa.

Tutkimuksen keskittyessä kuitenkin vain pienitehoisiin järjestelmiin, voidaan suuritehoisiin järjestelmiin tarkoitetut dynaamiset UPS-laitteet jättää pois raportista. Staattisista UPS-laitteista alle 3 kVA:n järjestelmiin soveltuvat Stand-by operation- ja Line interactive operation- laitteet jätetään myös huomioimatta ja keskitytään vain kahden muunnoksen UPS-laitteistoon. [3]

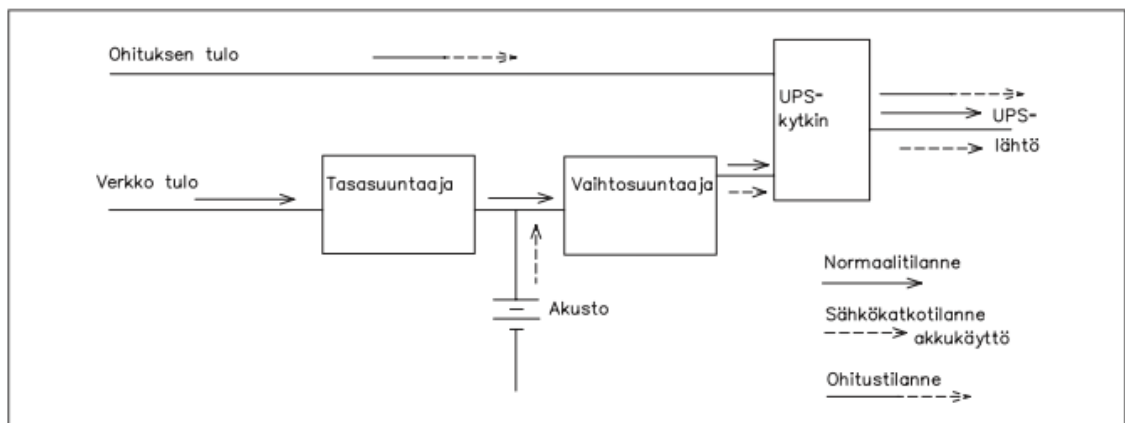


### 3.2 Kahden muunnoksen UPS-laite

Double conversion eli kahden muunnoksen UPS-laite tunnetaan myös epävirallisella nimellä On-Line UPS. Normaalissa tilanteessa verkkosähkö ensin tasasuunnataan ja sitten vaihtosuunnataan ennen sen kuin se syötetään kuormalle. Näin se on riippumaton UPS:ia syöttävän sähköverkon jännitteen ja taajuuden vaihteluista.

Sähkökatkon aikana vaihtosuuntaaja saa syöttönsä tasasuuntaajan kanssa rinnan kytetyltä akustolta ja se ei aiheuta muutoksia UPS-lähdön jännitteeseen tai taajuuteen. Sähkökatkoksen päätyttyä vaihtosuuntaaja saa taas syöttönsä tasasuuntaajalta, joka samalla lataa myös akuston.

Ylikuormitus- tai vikatilanteissa elektroninen ohituskytkin eli UPS-kytkin ohittaa UPS-laitteen ja siirtää kuorman sähkönsyötön suoraan sähköverkolle. Tämä ei aiheuta katkosta tai jännitteen muutoksia kuormalle mikäli sähköverkon arvot ovat sallituissa rajoissa. Kuvassa 1 on esitetty laitteen toimintaperiaate. [2]



Kuva 1. Kahden muunnoksen UPS-laitteen toimintaperiaate.

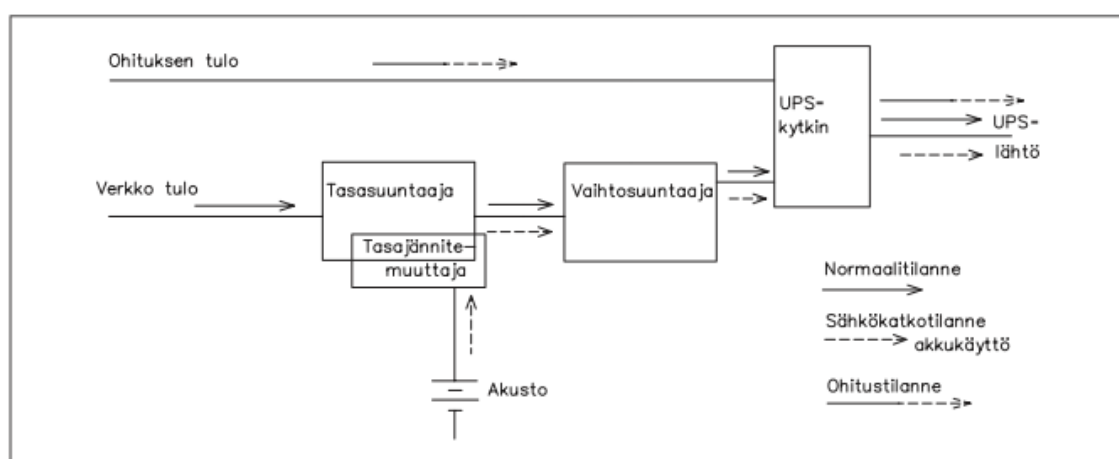
Tasasuuntaajan tekninen toteutus määrittää verkkovirran virtasärön ja tehokertoimen sekä kuinka paljon syöttävässä sähköverkossa saa jännite ja taajuus muuttua, kunnes vaihtosuuntaajan syöttö siirtyy akustolle. Yleisimmät toteutusvaihtoehdot ovat:

- IGBT-transistoreilla toteutettu tasasuuntaaja
- 6-pulssinen tyristoritasasuuntaaja
- 12-pulssinen tyristoritasasuuntaaja

Näistä vaihtoehdoista IGBT-transistoreilla toteutettu tasasuuntaaja on uusin toteutus. Sitä käytetään 160 kVA:n teholuokkaan asti ja sen virtasäro voi olla alle 5 %. 6- tai 12-pulssisia tyristoritasasuuntaajia käytetään 200–500 kVA:n teholuokissa. [2,4]

Uusissa UPS- laitteissa myös vaihtosuuntaaja on toteutettu IGBT-transistoreilla, jossa periaate on sama kuin IGBT- tasasuuntaajissa. Vaihtosuuntaajaa ohjataan siten, että UPS- laitteen lähtöjännite on mahdollisimman puhdasta sinijännitettä, myös epälineaarilla kuormavirralla.

Kuvassa 2 on esitetty UPS-laite, jossa akuston ja vaihtosuuntaajan välille on asennettu tasajännitemuuttaja. Se nostaa akustolta vaihtosuuntaajalle tulevan jännitteen vaadituksi nimellisjännitteeksi. Vaihtosuuntaajan ei tarvitse enää nostaa jännitettä ja se voidaan toteuttaa ilman lähtömuuntaajaa. [4]



Kuva 2. Kahden muunnoksen UPS-laite varustettuna tasajännitemuuttajalla, toimintaperiaate.

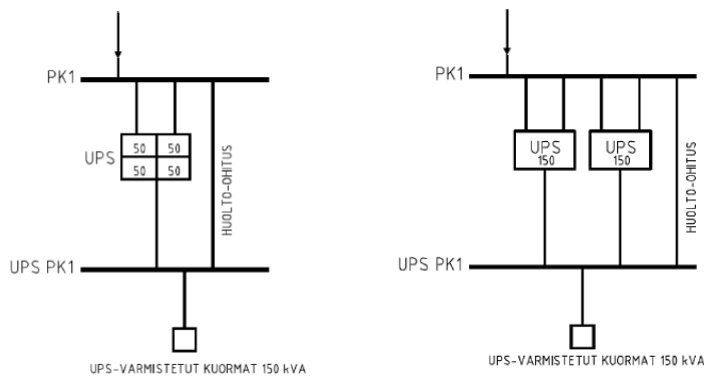
### 3.3 Redundanttisuus

Redundanttisella järjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jossa UPS- yksiköitä on kytetty rinnan enemmän kuin kuormituksen syöttäminen edellyttää. Järjestelmässä on esimerkiksi  $N + 1$  UPS-laitetta, joista  $N$  määrä yksiköitä riittää syöttämään kuorman vaatiman tehon. Redundanttisuus voidaan toteuttaa erillisillä yksiköillä tai modulaarisesti, jolloin yhdessä laitteessa on useampi tehomoduli joista vaadittava teho syötetään. Kuvassa 3 on yksinkertaistettu esimerkki toteutuksista. Molemmissa tapauksissa yhden laitteen hajoaminen ei vaaranna varmennetun verkon toimintaa.

Järjestelmän etuina on:

- Kuormaa voidaan syöttää myös huoltotilanteessa
- Järjestelmä ei kaadu yksittäisen vian takia
- Akkukäytölle saadaan suurempi oikosulkuvirta

Vaikka redundanttinen järjestelmä on toimintavarmempi, nostaa se UPS- järjestelmän investointi – ja käyttökustannuksia ja näin sen hankintaa on syytä aina harkita tapauskohtaisesti. [4]



Kuva 3. Modulaarinen ja erillinen redundanttinen UPS-järjestelmä

### 3.4 Hajautettu järjestelmä

Hajautetussa järjestelmässä on monia, usein teholtaan 6 kVA tai pienempiä UPS-laitteita joista jokainen tukee vain muutamia tai yhtä järjestelmän laitetta. Järjestelmä soveltuu toteutukseen, jossa järjestelmässä on useita käyttäjiä ja kaikille on syytä tuottaa oma UPS-jakelu.

Järjestelmän pienet UPS-laitteet ovat pistorasialiitännäisiä, joten ne on helppo kytkeä kohteeseen nykyisiin rasioihin, eikä uusia kaapelointeja tarvita. Laitteiden ollessa lähellä kuormitettavaa kohdetta, ryhmäkeskuksia ei välttämättä ole tarpeen käyttää. Laitteiden varakäyntiajat ja suojaukset on helpompi optimoida paremmin jokaiselle laitteelle ja käyttäjälle tarpeen mukaan sekä järjestelmää on helppo laajentaa tarvittaessa.

Hajautetun järjestelmän haittana on sen monimutkaisuus, joka nostaa huolto- ja ylläpitokustannuksia. Yksittäisellä laitteella ei myöskään välttämättä ole redundanssisuutta. [5, 6]

### 3.5 Keskitetty järjestelmä

Keskitetyssä järjestelmässä toteutus on monin puolin yksinkertaisempi kuin hajautetussa järjestelmässä. UPS-keskus sijoitetaan usein tilaan, jossa ympäristötekijät ovat ideaalisemmat eivätkä esimerkiksi akut kärsi mahdollisista lämpötilan muutoksista. Vaikka huoltotoimenpiteet vaativatkin ammattilaisen, on vain yhden laitteen huolto silti aikaa säästävää. Myös laitteen hankinta- ja käyttökustannukset ovat hajautettua järjestelmää halvemmat. Keskitetyn järjestelmän UPS-laitteella on suurempi oikosulkuteho, joka tarkoittaa, että UPS:lla voidaan käyttää suurempia lähtöjä sekä hoitaa jakelua ryhmäkeskuksilla.

Mikäli laite vioittuu tai sille tehdään huoltotoimenpiteitä, jää koko varmennettu verkko ilman varavirtaa. Tämän haitan voi poistaa redundanttisuudella, mutta se nostaa taas kustannuksia huomattavasti. Muina huonoina puolina ovat UPS-laitteen suurempi etäisyys käyttölaitteista, suuremmat tilavaatimukset sekä suuremmat asennus- ja kaapelointikustannukset. [5,6]

## 4 UPS-järjestelmän suunnittelu

### 4.1 Kohteen analysointi

Jotta kohteeseen voidaan suunnitella optimaalinen ja luotettava UPS-järjestelmä, sen suunnittelu edellyttää tietämystä järjestelmään kohdistuvista häiriöistä, kokonaisvaltaista tuntemista kohteessa harjoitettavista toiminnoista sekä sen tilojen käytöstä.

Koska UPS-järjestelmällä varmennettavan sähkönsyötön tarve perustuu usein puhtaasti taloudellisiin intresseihin, häiriöistä aiheutuvat kustannukset voidaan arvioida ja siten määritellä, kuinka paljon järjestelmään on syytä panostaa. Liiketoimintayrityksillä voi myös olla omia vaatimuksia sähkönsyötön varmentamiseksi, kuten esimerkiksi kassalaitteiden toiminnan jatkuvuus, tuotteiden toimitusvarmuus tai asiakkaille annettava imago. [4]

## 4.2 Sähkönsyötön häiriöt

Sähkön saatavuus käsittää sähkökatkokset, jolloin järjestelmä ei saa verkkovirtaa. Katkoksien syinä voi olla esimerkiksi salamaniskut, voimajohtojen häiriöt, verkon ylikuormittuminen, onnettomuudet ja luonnonkatastrofit. Energiateollisuus on tehnyt kattavan raportin, jossa tarkastellaan jakeluverkkojen keskeytystilastoja Suomessa. Raporttia voi käyttää hyväkseen suunniteltaessa suojattua järjestelmää.

Jännitehäiriöt voidaan luokitella pitkä- ja lyhytaikaisiin yli- ja alijännitehäiriöihin. Salamanisku voi aiheuttaa suuren lyhytaikaisen ylijännitteen, joka lähes aina aiheuttaa laitteistojen vaurioitumista. Suomessa salamointi on verrattain harvinaista, mutta siinä on suuriakin eroavaisuuksia aluekohtaisesti.

Mikäli syöttöverkosta lasketaan äkillisesti suuria määriä tehokuormia pois, voi siitä aiheutua pitempiaikaisia ylijännitteitä, joka mahdollisesti vaurioittaa laitteistoja. Alijännitettä syntyy, kun verkkojännitettä lasketaan kun sähkönkysyntä on huipussaan tai kuorman ylittäessä syöttökapasiteetin. Kiinteistön omassa verkossa tiettyjen sähkölaitteiden kytkeminen voi aiheuttaa äkillisiä jännitteen notkahduksia. Näitä ovat esimerkiksi jääkaapit ja loisteputkivalaisimet.

Verkossa olevat epälineaariset kuormat, kuten esimerkiksi nopeussäätöiset moottorit, vääristävät jännitesignaalin aaltomuotoa ja luovat sinne harmonisia yliaaltoja. Yliaaltojen aiheuttavia ongelmia ovat esimerkiksi suojalaitteiden virhetoiminnot ja tehohäviöt kaapeleissa. Varsinkin kolmannet yliaallot ovat ongelmallisia, jotka summautuvat nol-lajohtimeen ja aiheuttavat sille ylimääräistä kuormitusta. Häiriötä kutsutaan harmoniseksi säröksi.

Suurtaajuisia häiriöitä voi syntyä salamaniskusta tai kun ympäristössä käytetään esimerkiksi hitsauslaitteita tai lähettimiä. Ne aiheuttavat verkkoon korkeataajuisia aaltomuotoja, jotka ovat rasittavat varsinkin herkkiä elektroniikkalaitteita. [5]

## 4.3 Tehonlähteiden tehon määrittely

UPS- järjestelmän laitetehon määrittämiseksi tarvitaan tehotiedot tilaan asennettavista laitteista, jotka tahdotaan katkeamattoman sähkönsyötön piiriin. Näitä ovat yleisesti

palvelin – ja kassalaitteistot sekä liikkeen turvajärjestelmät. Näiden tietojen avulla määritellään UPS- laitteiston kuormien syöttöön vaadittava lähtöteho. Kappaleessa käsitellään myös järjestelmässä olevia laitteita, jotka aiheuttavat epälineaarisia häiriöitä.

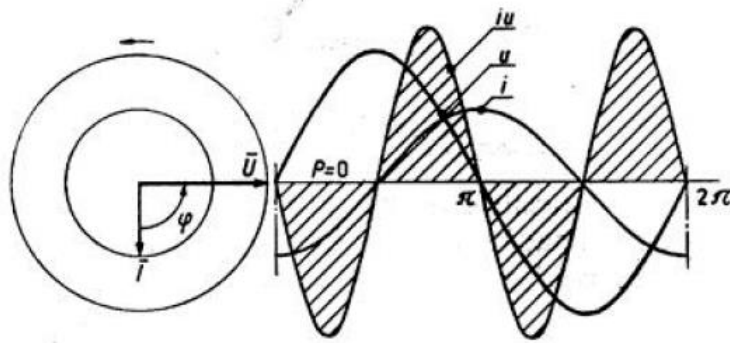
Laitteiston teho on syytä mitoittaa siten, että sitä ei kuormiteta täydellä teholla ja kuormitettavaan verkkoon jää laajennusmahdollisuus. Myös akusto kuluu vanhetessaan ja sen teho voi laskea. Yleisenä mitoituksen sääntönä voidaan pitää, että laitteen kuormitettavuus on maksimissaan noin 75–80% sen nimellistehosta ja kuitenkin minimissään noin 40 %, jotta sen hyötysuhde pysyisi hyvänä. [5,6]

Pätöteho  $P$  (W) osoittaa kuormassa todellisuudessa kulutetun tehon. Sen kuormaa kutsutaan resistiiviseksi ja siinä jännitteellä ja virralla ei ole vaihe-eroa. Esimerkiksi sähköpatterit ovat resistiivistä kuormaa ja ne kuluttavat vain pätötehoa. Näennäisteho  $S$  (VA) esittää järjestelmän kokonaistehon, joka pitää sisällään pätötehon, loistehon sekä mahdollisten yliaaltojen tehon.

Loisteho  $Q$  (var) aiheuttaa vaihe-eron  $\varphi$  (esitetään myös tunnuksella  $\phi$ ) jännitteen ja virran välille. Se ei ole työtä tekevää tehoa, vaan se värähtelee edestakaisin kuorman ja siirtoverkon välillä. Tämä kuormittaa sen aiheuttaman virran takia siirtojohtoja.

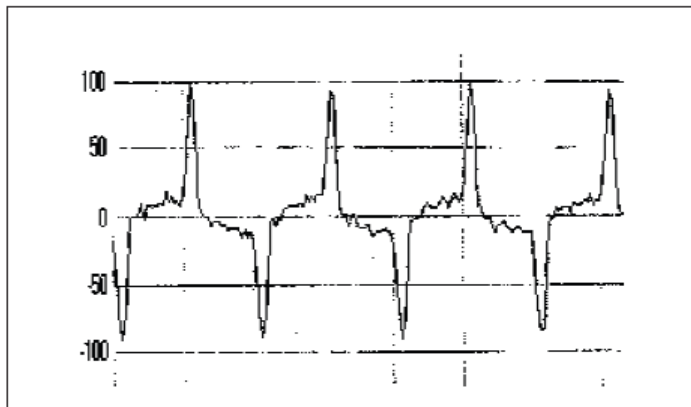
Induktiivisella loisteholla energiaa varautuu magneettikenttään. Tästä johtuen virta on jännitettä jäljessä. Yleinen induktiivista kuormaa tuottava laite on sähkömoottori. Kuvassa 4 on esitetty puhtaasti induktiivinen kuorma, jossa virta  $i$  on  $90^\circ$  jännitettä  $u$  jäljessä. Kapasitiivisellä loisteholla energiaa varautuu sähkökenttään ja virta on jännitettä edellä. Yleisesti voidaan ajatella, että induktiivinen kuorma kuluttaa loistehoa ja kapasitiivinen kuorma tuottaa loistehoa.

Koska kapasitiivisen ja induktiivisen kuorman vaihe-ero on vastakkaista, samassa järjestelmässä ollessaan ne voivat kumota toisensa. UPS-laite on kykeneväinen syöttämään rajallisen määrän kapasitiivista kuormaa, mutta mikäli induktiivista kuormaa on liikaa, voidaan sitä kompensoida loistehoa tuottavilla kondensaattoriparistoilla.



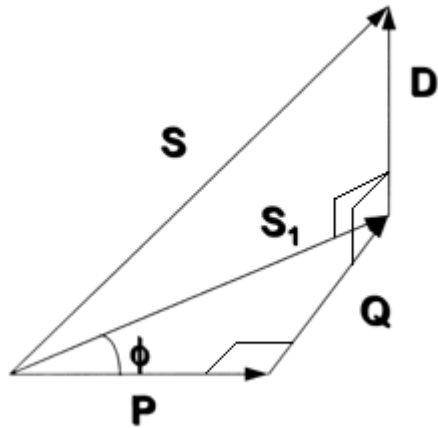
Kuva 4. Puhtaasti induktiivisen kuorman aaltokuvio.

Myös yliaaltojen vaikutus tehon mitoitukseen täytyy ottaa huomioon. Kuten loistehokin, yliaalloista muodostuva säröteho  $D$  ei siirrä tehoja verkossa vaan kuormittaa vain järjestelmää. Yksi yleisimmistä yliaaltoja tuottavista laitteista on tietokone. Tietokoneen ja sen oheislaitteiden sisäiset piirit toimivat tasasähköllä, jonka ne saavat omasta hakkuri-teholähteestä. Tasasähkö muodostetaan yleensä yhdestä vaiheesta tasasuuntaamalla. Tasasuuntauksesta johtuen sisään menevän virran aaltomuoto poikkeaa suuresti sini-muotoisesta ja se muodostaa järjestelmään yliaaltoja. Kuvassa 5 on esitetty erään tietokoneen ottama virta.



Kuva 5. Tietokoneen ottama virta

Kuvassa 6 on esitetty vektoridiagrammi, jossa on huomioitu myös yliaalloista muodostuva loisteho. Kuvassa esiintyvä  $S_1$  tarkoittaa näennäistehoa ilman yliaaltoja ja sitä kutsutaan perustaajuiseksi näennäistehoksi.



Kuva 6. Epälineaarisen kuorman vektoridiagrammi

Taulukossa 1 on esitetty järjestelmän suunnittelussa tarvittavia tehonlaskentakaavoja.

Taulukko 1. Tehon ja tehokertoimen kaavoja.

Perustaajuinen näennäisteho $S_1$	$S_1 = \sqrt{P^2 + Q^2}$ (1)
Perustaajuuden tehokerroin $\varphi$	$\varphi = \frac{P}{S_1}$ (2)
Säröloisteho $D$	$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}$ (3)
Yliaaltoja sisältävän järjestelmän tehokerroin $\delta$	$\delta = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}}$ (4)



Mikäli varmennettu kuorma sisältää moottorin, tulee UPS-järjestelmän mitoituksessa huomioida moottorin induktiivisen loistehon lisäksi myös sen ottama käynnistysvirta, joka on yleensä noin 6-7 kertainen sen nimellisvirrasta. Kuvassa 7 esitetään erään UPS-laitteen teknisiä tietoja, josta nähdään, että ylikuormitettuna laite voi syöttää 5 sekuntia 1,5 kertaista nimellisvirtaa, ennen kuin se kytkeytyy pois varmennetun verkon syötöstä. Tästä voidaan siis laskea, että jos moottorin nimellisvirta on esimerkiksi 20 A, on sen käynnistysvirta 7-kertaisena 140 A. Jotta UPS-laite kestää moottorin käynnistuksen, täytyy sen pystyä syöttämään n. 150 A eli se nimellisvirta on oltava noin 100 A. Suurin varmennettuun verkkoon kytkettävä moottori saa siis olla nimellisvirraltaan noin viidesosan UPS-laitteen nimellisvirrasta. [2,4,7,8,9]

## AC lähtö

UPS	8 kVA	10 kVA	12 kVA	15 kVA
Aktiivinen teho	7,2 kW	9 kW	10,8 kW	13,5 kW
Vaiheita	1-vaihe			
Taajuus	50 Hz tai 60 Hz, käyttäjän valittavissa			
Jännite	220, 230 tai 240 V, käyttäjän valittavissa			
Oikosulkuvirta 300ms akkukäytöllä	100 A, < 300 ms		144 A, < 300 ms	
Ylikuormitettavuus	> 100-110% 10 min > 110-125% 1 min >125-150% 5 sek. >150% 300 ms			

Kuva 7. Erään UPS-laitteen teknisiä tietoja.

### 4.4 Varmennusaika

Varmennusajalla tarkoitetaan sitä aikaa, jonka järjestelmä pystyy syöttämään varmennettua sähkökuormaa ilman normaalia verkkosyöttöä. Usein UPS- järjestelmällä varmennetut laitteet pyritään pitämään toiminnassa vain sen ajan, että järjestelmät voidaan ajaa alas hallitusti. [4]

### 4.5 Huolto- ja korjaustilanteet

Järjestelmää suunniteltaessa täytyy huomioida myös vikatilanteet sekä laitteistojen osat, jotka vaativat usein huoltoa. Vuosittain huoltoa tarvitsevat osat on mahdollisesti

syytä toteuttaa redundanttisesti. Useimmissa tilanteissa kuitenkin manuaalisen ohituskytkimen liittäminen järjestelmään on riittävä toimenpide. [4]

#### 4.6 Akusto

3-15 kVA:n UPS-järjestelmien akustoina käytetään lähes poikkeuksetta venttiilisuljettuja lyijyakkuja (VRLA), joita kutsutaan myös suljetuiksi lyijyakuiksi. Niistä saatava energiamäärä lyhyillä purkausajoilla on huomattavasti korkeampi kuin avoimilla nestetäytteisillä akuilla. 10 minuutin purkausajalla se on yli kaksinkertainen. Suljetut lyijyakut voidaan myös sijoittaa samaan laitekaappiin varsinaisen UPS-laitteen kanssa, jolloin järjestelmän tilavaatimukset helpottuvat.

UPS-järjestelmillä pyritään usein ylläpitämään järjestelmiä siihen asti, että ne voidaan ajaa alas hallitusti. Normaalisti akustolta vaadittava varakäyntiaika nimelliskuormalla on noin 10 minuuttia. Tarvittaessa varakäyntiaikaa on mahdollista kasvattaa lisäämällä ulkoisia lisäakustoja tai vähentämällä kuormaa. Yleissääntönä vähentämällä kuormaa puolella saadaan varakäyntiaika kolminkertaistettua.

UPS-järjestelmissä käytettyjen suljettujen lyijyakkujen normaali käyttöikä on kolmesta viiteen vuoteen, mutta uusilla teknologiaratkaisuilla akuston elinikä on mahdollista kasvattaa 10–12 vuoteen. Myös ympäristön lämpötilalla on suuri vaikutus akkujen elinikään. Suositeltu lämpötila akustolle on +20 °C ja noin 10 °C keskimääräinen vuosittainen lämpötilan nousu vähentää akun käyttöikää puolella.

IEEE:n määritelmän mukaan UPS-akuston käyttöikä on päättynyt ja se pitäisi vaihtaa, kun se ei enää pysty tuottamaan 80 prosenttia nimellistehoinaan ampeeritunteina. [4,5,9]

## 5 Varmennetun verkon suojaus

### 5.1 Ylikuormitussuoja

Ylikuormitussuojaus toteutetaan sekä varmennetun verkon syöttöjohdon että siihen liitettävien laitteiden ja järjestelmien syöttölähtöjen osalta. Suojaus toteutetaan SFS

6000 kohdan 433 ja rakennusten sähköasennuksia käsittelevän D1-2012-käsikirjan avulla.

Ylikuormitussuojauksessa lähtökohtana on suojattavan kohteen sallittu jatkuva kuorma. Suojauksessa on otettava huomioon suojalaitteen nimellisvirta sekä erityyppisten suojalaitteiden erilaiset toiminta-arvot.

Ylikuormitussuojaus voidaan toteuttaa seuraavilla tavoilla:

- Johdonsuojakatkaisijoilla, jolloin suojalaitteen terminen toimintarajavirta on korkeintaan 1,45 kertaa suojalaitteen nimellisvirta. Tämä käsittää B-, C- ja D-tyypin johdonsuojakatkaisijat. K-tyypin johdonsuojakatkaisijalla terminen toimintavirtaraja tulee olla 1,2 kertaa suojalaitteen nimellisvirta, mutta sen nimellisvirta ei saa olla johdon kuormitettavuutta suurempi.
- Katkaisijalla, jossa toimivirran voi asettaa, tulee releasettelun olla enintään johdon kuormitettavuuden suuruinen.
- Sulakkeilla, joilla ylempi sulamisrajavirta on suurempi kuin 1,45 kertaa sulakkeen nimellisvirta. Tällöin ylikuormitussuojan mitoituksessa on käytettävä kaavaa 5.

$$k * I_n \leq 1,45 * I_z \quad (5)$$

jossa  $I_n$  on suojalaitteen nimellisvirta,  $I_z$  on johtimen jatkuva kuormitettavuus ja  $k$  on sulakkeen ylemmän sulamisrajavirran ja sulakkeen nimellisvirran suhde. Taulukoissa 2 ja 3 esitetään D- ja gG-tyyppisten sulakkeiden eri  $k$ -arvoja.

Taulukko 2. D-tyypin sulakkeet.

$k$	$I_n$	$I_n$
2,1	$\leq 4 \text{ A}$	$\leq 0,69 I_z$
1,9	$4 \text{ A} < I_n \leq 10 \text{ A}$	$\leq 0,76 I_z$
1,75	$10 \text{ A} < I_n \leq 25 \text{ A}$	$\leq 0,82 I_z$
1,6	$> 25 \text{ A}$	$\leq 0,90 I_z$

Taulukko 3. gG-tyyppin sulakkeet.

k	$I_n$	$I_n$
2,1	$\leq 4 \text{ A}$	$\leq 0,69 \text{ Iz}$
1,9	$4 \text{ A} < I_n \leq 16 \text{ A}$	$\leq 0,76 \text{ Iz}$
1,6	$\leq 16 \text{ A}$	$\leq 0,90 \text{ Iz}$

Kun nollajohtimen poikkipinta on vähintään yhtä suuri kuin vaihejohtimien, eikä sen virran odoteta ylittävän vaihejohtimen virtaa, nollajohdinta ei tarvitse poiskytkentälaitetta. Nollajohtimen poikkipinnan ollessa pienempi kuin vaihejohtimien, voi sen jättää suojaamatta jos vaihejohtimien suojalaite suojaa myös nollajohtimen oikosululta.

Mikäli monivaiheisissa piireissä harmonisten yliaaltojen oletetaan kasvattavan nollajohtimen virran yli sen kuormitettavuuden, on se suojattava ylikuormitukselta. Jos harmonisten yliaaltojen osuus on yli 10 %, nollajohdin ei saa olla vaihejohtimia pienempi. [1,4,10]

## 5.2 Oikosulkusuojaus

Jokainen virtapiiri on varustettava oikosulkusuojaalla, joka katkaisee piirin oikosulkuvirran ennen kuin se aiheuttaa vaaraa, joka johtuu johtimien ja liitosten lämpötilasta ja mekaanisista vaikutuksista. Oikosulkuvirta on määriteltävä asennusten eri pisteissä joko mittaamalla tai laskemalla. Oikosulkusuojan katkaisukyvyyn on oltava suurempi kuin kohdassa esiintyvä maksimioikosulkuvirta. Pienempi katkaisukyky sallitaan, mikäli suojalaitteen syöttöpuolella on toinen riittävän katkaisukyvyyn omaava suojalaite.

Oikosulkusuojaus on yleensä osa ylivirtasuojaukseen, johon kuuluu lisäksi ylikuormitus-suojaus. Sen voi myös toteuttaa johdonsuojakatkaisimilla, sulakkeilla tai katkaisimilla. Standardikirja SFS-6001 kohdassa 411.3 on määritelty suojalaitteiden suurimmat poiskytkentäajat, jotka ovat 0,4 sekuntia korkeintaan 32 A suojalaitteella suojatuille ryhmäjohtoille ja 5 sekuntia pääjohtoille. Standardikirja määrittelee pääjohtoiksi yhtä tai useampaa jakokeskusta syöttävän virtapiirin.

Tietokoneiden valmistajia edustava ITI(CBEMA)-järjestö on julkaissut syöttöjännitteen vaihtelulle asetetut sallitut alueet jännitteen ja ajan suhteen käyrästön (liite 3), josta nähdään, että toimintojen keskeytymättömyyden kannalta pisin sallittu jännitteetön aika on 0,02 sekuntia eli yhden verkkojakson ajan. Jännitteetön tai voimakkaasti alijännitteinen aika syntyy oikosulussa ennen kuin suojalaite on ehtinyt toimia. Vian kestäessä pitempään herkkien elektroniikkalaitteiden toiminta voi olla epävarmaa ja ne saattavat sammua, mutta laitevahinkoja ei kuitenkaan tapahdu. Monet UPS-laitteet kykenevät syöttämään oikosulkuvirtaa 0,3 sekunnin ajan ja on koko järjestelmän toimivuuden kannalta parempi, että vika selvitetään suojalaitteilla ennen kuin UPS-laite sammuttaa itsensä. On kuitenkin huomioitava että Suomessa ei määräyksissä vaadita 0,02 sekunnin poiskytkentäaikaa vaan tämä on vain järjestön tekemä suositus.

UPS-lähtöjen oikosulkuilanteet voidaan jakaa kahteen tilanteeseen. Verkkosähkön ollessa käytössä UPS-laitteen ohituskytkin siirtää katkotta oikosulkuvirran tulevaksi suoraan verkkovirralla. Mikäli verkkovirtaa ei ole käytössä, tulee oikosulkuvirta UPS-laitteen akustolta. UPS-laitteen syöttämä oikosulkuvirta on rajallinen ja se tekee tilanteesta suojauksen kannalta erilaisen.

Verkosta syötettävällä oikosulkuvirralla suojattavina ovat UPS-laitteen ohituskaapeli sekä ryhmäkeskuksen kaapelit. Laitevalmistajat antavat suosituksen ohituksen suojauksen koolle. Akustokäytöllä pieni oikosulkuvirta määrittelee varmennetussa verkossa olevien suojalaitteiden maksimikoot. Laitevalmistajat antavat omat suosituksensa suojausten mitoitukselta mutta tämä on suunnittelijan aina varmistettava. Käsikirja D1:n kappaleen 41 taulukoissa on määritelty eri suojalaitteiden toimintaan edellyttämiä pienimpiä oikosulkuvirtoja. [1,4,10]

### 5.3 Kosketusjännitesuojaus

Kosketusjännitteellä tarkoitetaan suojausta, jonka avulla estetään ihmisiä tai kotieläimiä koskettamasta vian seurauksena jännitteellisiksi tulleita johtavia osia niin, että siitä aiheutuisi vaaraa.

Kun johdossa on suojajohdin, toteutetaan suojaus syötön automaattisen poiskytkennän avulla. Suojalaitteena käytetään ylivirtasuojalaitteita sekä vikavirtasuojakytkimiä. Vika-

virtakytkimiä pitää standardikirja SFS-6000 kohdan 411.3.3 mukaan käyttää lisäsuojana:

- suojaamaan mitoitusvirraltaan enintään 20 A tavanomaisia maallikoiden käyttämiä pistorasioita
- suojaamaan ulkona käytettävää, mitoitusvirraltaan enintään 32 A pistorasiaa tai siirrettävää laitetta.

Lisäsuojauksen käyttöä on käsitelty tarkemmin standardikirjan liitteessä 41X.

Kun johdossa ei ole suojajohdinta, ei käytetä automaattista poiskytkentää vaan vaihtoehtoisesti suojaeristystä, käyttöpaikan eristystä, suojaerotusta tai maasta erotettua paikallista potentiaalin tasausta. [1]

#### 5.4 Maadoitus

UPS-järjestelmää suunniteltaessa on kiinnitettävä huomiota 4-napaisten kytkinten käytöstä, sillä se voi aiheuttaa käyttömaadoituksen puuttumisen UPS-laitteelle ja varmennetulle kuormalle. Väärän kytkinvalinnan voi tehdä UPS-laitetta syötettäessä. Ennen UPS-laitetta kytkimien tulee olla 3-napaisia, mutta laitteen jälkeen voidaan käyttää 4-napaisia kytkimiä tarvittaessa. Mikäli 4-napaisia kytkimiä käytetään UPS-laitteen verkosyötön puolella, kytkimen auetessa UPS-laite jatkaa varmennetun verkon syöttämistä, mutta nollajohdin jää kellumaan eli se ei ole käyttömaadoitettu ja ei ole täten määräysten mukainen.

Asennukset on mahdollista tehdä määräysten mukaiseksi esimerkiksi oikosulkemalla 4-napaisten kytkimen nollakosketin, jolloin nolla ei katkea avattaessa kytkin. Tämä on kuitenkin sallittua vain, mikäli muut toiminnot ja käytöt sallivat sen. Toinen vaihtoehto on asentaa UPS-laitteelle muuntaja, joka tekee galvaanisen erotuksen UPS-laitteen ja sitä syöttävän verkon välille. UPS-verkon nolla käyttömaadoitetaan ja UPS-verkko on käyttömaadoitettu, vaikka syöttöverkon nolla katkeaisikin.

UPS-järjestelmän maadoituksessa on kuitenkin yleisesti pyrittävä siihen, että normaali-verkossa tehty käyttömaadoitus on riittävä ja toimii myös UPS-verkossa. Useimmiten UPS-jakelun käyttömaadoitus tehdään normaali-jakelun pääkeskuksessa ja käytettäessä edellä mainittuja 3-osaisia kytkimiä, on UPS-järjestelmä käyttömaadoitettu joka tilanteessa.

Pienitehoisilla pistotulppaliitännäisillä UPS-laitteilla on vaara, että pistoke irrotetaan vahingossa. Tällöin varmennetun kuorman jännitettä syötetään akustolta, mutta järjestelmä ei ole maadoitettu. Yksi ratkaisu on tehdä pistotulppaliitännästä puolikiinteä. [6,9]

## 5.5 Selektiivisyys

Suojauksen selektiivisyydellä tarkoitetaan sitä, että vikatilanteen sattuessa suojauslaitteet erottavat vikapaikan verkosta ja tekevät mahdollisimman pienen osan verkosta jännitteettömäksi. Tässä kappaleessa käsitellään aika- ja virtaselektiivisyyttä sekä esitetään eri suojalaitteiden eroavaisuuksia selektiivisyydessä.

Aikaselektiivisyydellä voidaan porrastaa sarjassa olevien suojien toiminta-aikoja toisiinsa nähden. Tällöin jakelun alkupäässä olevia suojien toimintaa hidastetaan, jotta loppupään suojat toimisivat vikavirta-alueella suhteessa nopeammin. Virtaselektiivisyys taas perustuu vikavirran suuruuden vaihteluun vikapaikan mukaan. Mitä lähempänä suojaa vika tapahtuu, sen korkeampi on vikavirta ja taas toisin päin, kaukana vikapaikasta vikavirta pienenee. Selektiivisyys voidaan toteuttaa tässä tilanteessa säätämällä suojat tarpeeksi epäherkiksi.

Aikaselektiivisyys on helpoin tapa toteuttaa selektiivisyys, mutta mikäli järjestelmässä on sarjaan kytkettyinä useita suojia, voi säädettävä aika niin sanotusti loppua kesken. Tällöin samoille toiminta-ajoille voidaan asettaa useampikin suoja ja säätää ne virtaselektiivisyyden näkökulmasta, kunhan vikavirran suuruus on tiedossa kaikissa kohdissa.

Sulakkeita käytettäessä selektiivisyyden perussääntönä on, että peräkkäisiä sulakkeita käytettäessä niiden välillä tulisi olla aina vähintään yksi sulakekoko. Peräkkäisten sulakkeiden nimellisvirtojen suhteen tulee olla 1,6:1. Sulakkeilla on erittäin hyvä virranrajoituskyky ja suojauksen toteutus on selkeä, mutta niiden suurten toleranssien takia toiminta varsinkin pienillä ylikuormituksilla voi olla epämääräistä.

Katkaisijat ovat sulakkeisiin verrattuna tarkempia toiminnaltaan pienillä ylikuormituksilla. Lisäksi sitä ohjaavaa ylivirtasuojarelettä on mahdollista säätää. Käytettäessä kompakti- tai johdonsuojakatkaisijoita jakelussa täydellistä selektiivisyyttä ei aina ole mahdollista saada johtuen katkaisijoiden hidastamattomista oikosulkulaukaisijoista. Lisäksi

on suositeltavaa käyttää yhden laitevalmistajan tuotteita jotta ylivirtasuojien toimintakäyrät ovat helpommin sovitettavissa keskenään.

Kun varmennetussa verkossa tapahtuu vika normaalin verkkosyötön aikana, siirtää UPS-laitteen ohituskytkin tietyn virran ylityksen jälkeen oikosulkuvirran syötön suoraan jakeluverkolle. Tällöin selektiivisyyttä tulee tarkastella ohituksen suojauksen ja varmennettavan verkon ryhmäkeskuksen suojausten välillä.

Oikosulkuvirran tullessa akustolta vertailtavana on varmennetun verkon ryhmäkeskus sekä sitä syöttävä UPS-laite. Suojauksen suunnittelijan on tarkistettava laitevalmistajan tiedoista laitteen ylikuormitettavuus sekä oikosulkuvirran kesto ja mitoitettava ryhmäkeskuksen suojalaitteet toimimaan ennen laitteen sammumista. [11]

## 6 UPS- järjestelmän esimerkkimitoitus

### 6.1 UPS-laitteen valinta

Jotta kohteeseen osataan valita sopiva UPS-laite, on ensimmäiseksi selvitettävä varmennettavan kuorman teho. Esimerkissä otetaan kohteeksi kuvitteellinen liiketila, jossa varmennettuun verkkoon tahdotaan sisällyttää kassalaitteet, palvelimet sekä pieni osa valaistusta. Taulukossa 4 on esitetty laitteiden oletettuja tehoja sekä niiden loistehosta syntyvä kerroin  $\cos \varphi$  sekä näennäisteho.

Taulukko 4. Varmennettavien laitteiden tehot.

Varmennettava laite	Teho (P)	$\cos \phi$	Näennäisteho (S)
Valaistus	2,3 kW	0,9	2,6 kVA
Palvelinlaitteet	1,7 kW	0,7	2,4 kVA
Kassakoneet	0,8 kW	0,8	1 kVA
Yhteensä	4,8 kW		6 kVA

Laitteiden näennäisteho saadaan soveltamalla kaavaa 2.

$$S = \frac{P}{\cos \varphi}$$



Koska UPS-laitetta ei tahdota käytettävän täydellä kuormituksella, lisätään sen mitoittamiseen 25 % mikä jättää myös varaa mahdollisiin laajennuksiin. Laitteelta vaadittava teho lasketaan kaavalla 6.

$$S = 6 \text{ kVA} * 1,25 = 7,5 \text{ kVA} \quad (6)$$

Mitoitettavaksi tehoksi saatiin 7,5 kVA joten UPS-laitteeksi valitaan yksivaiheinen 8 kVA:n Eaton 9155.

## 6.2 Järjestelmän suojaus

UPS-laite itsessään on varustettu omalla elektronisella suojauksella, joka suojaa sitä oikosuuilta. Myös akuston kaapelointi ja suojaus on laitevalmistajan toteuttama, eikä sitä tarvitse suunnitella.

Liitteessä 2 on laitevalmistaja antanut suosituksen UPS-laitteen tuloverkon ja ohitusverkon kaapelimitoille sekä niiden suojalaitteiden koolle. Tulopuolella syöttö on kolmivaiheinen ja sen kaapeleiksi valitaan 2,5 mm<sup>2</sup> kuparikaapelit ja vaihejohtimet suojataan C16-typin johdonsuojakatkaisimilla, jotka toimivat ylikuormitus- ja oikosulkusuojana. Nollajohdinta ei ole tarpeen suojata sen ollessa samankokoinen vaihejohtimien kanssa.

Ohituspuolen syöttö on yksivaiheinen ja sen kaapeliksi on suositeltu 10 mm<sup>2</sup> kuparikaapelia 50 A suojauksella, joten suojaksi valitaan C50-typin johdonsuojakatkaisija. Tuloverkkoon valittiin C-typin suojat, sillä ne soveltuvat lievästi induktiivisille kuormille, joita UPS-laitteen tasasuuntaaja aiheuttaa jakeluverkon puolelle.

Lähtöverkon puolella laitevalmistaja on määritellyt suuntaa antavasti suurimman suojauskoon suositukseksi 0,4 sekunnin toiminnalla B16- tai C6-typin johdonsuojakatkaisimet. UPS-laitteen teknisistä tiedoista nähdään, että akustokäytöllä vaihtosuuntaaja kykenee syöttämään 100 A oikosulkuvirtaa. [12]

D1-2012 käsikirjan taulukosta 41.4a nähdään, että B-typin 16A johdinsuojakatkaisija vaativat 80 A oikosulkuvirran toimiakseen ja C-typin 6A johdonsuojakatkaisija 60 A eli ne sopivat mitoittamiseen. Suojalaitteet sijoitetaan UPS-laitteen jälkeiseen ryhmäkeskukseen, josta varmennetun verkon laitteet syötetään. [10]

Seuraavaksi on syytä tarkastella suojalaitteiden selektiivisyyttä. Oikosulun tapahtuessa ilman verkkovirtaa selektiivisyyttä tarkastellaan UPS-laitteen ja ryhmäkeskuksen johdonsuojakatkaisimien välillä. Liitteessä 4 on esitetty B16- ja C6- tyyppin johdonsuojakatkaisimien toimintakäyriä. Käyrästöt ovat tehty internetistä ladattavalla ABB:n DOC-laskentaohjelmalla ja näin ollen myös suojalaitteet ovat ABB:n tuotteita. Akusto syöttää oikosulkuvirtaa 100 A 0,3 sekuntia ja käyrästöstä nähdään, että molemmilla varmennetun verkon johdonsuojakatkaisijoilla suojaus toimii 0,01 sekunnissa ja selektiivisyys toteutuu eikä laite sammuta itseänsä. Johdonsuojien poiskytkentäaika on myös ITI(CBEMA)-käyrästön suositteleman 0,02 sekunnin alapuolella. Ohituskäytöllä johdonsuojakatkaisimet saadaan selektiiviseksi käyttämällä aikaselektiivisyyttä. Varmennetun verkon ryhmäkeskuksen johdonsuojakatkaisimet toimivat edelleen 0,01 sekunnissa ja käyttämällä ohituksen C50-johdonsuojakatkaisimelle S-tyypin hidastettua mallia saadaan suojaukset toimimaan porrastetusti ja selektiivisyys toteutuu.

### 6.3 Kaapelipituudet

Kun suojausten koot on saatu mitoitukseltaan sopiviksi, on syytä tarkastella kaapeleiden maksimipituuksia eri suojauksilla. On huomattava, että tässä opinnäytetyössä käsiteltävillä tehoalueilla alle 8 kVA:n UPS-laitteiden lähdöt ovat yksivaiheisia ja 8 kVA:n ja suurempien laitteiden lähdöissä on vaihtoehtoina yksi- tai kolmivaiheiset sovellukset. Esimerkissä laitteen lähtö on yksivaiheinen, joten laskennoissa pääjännite on 230 voltia. Liitteen 1 taulukoissa 7 ja 8 kaapelien maksimietäisyydet on laskettu yksivaiheisille UPS-laitteille. Taulukossa 7 kaapelipituuksissa ei ole huomioitu jännitteenalenemaa, sillä eri tilanteissa jännitteenalenemalle asetetut vaatimukset voivat olla erilaiset. Liitteen taulukossa 8 kaapelietäisyydet on laskettu taulukon 5 asennustapa A:n muulle käytölle sallitun 5 % jännitteenaleneman mukaan. Laskennat on tehty Eatonin ja APC:n UPS-laitteilla, joista Eatonin laitteiden tiedot on saatu laitevalmistajan ilmoittamista teknisistä tiedoista. Nämä ovat nähtävissä liitteessä 5. APC:n laitteiden tiedot on saatu sähköpostilla valmistajalta, jonka antamista oikosulkuvirran raja-arvoista on otettu keskiarvo laskentoihin. [13,14,15]

Ensimmäiseksi on laskettava virtapiirin kokonaisimpedanssi  $Z$  ( $\Omega$ ), joka saadaan kääntäen laskettuna yksivaiheisen oikosulkuvirran kaavasta D1-käsikirjan kaavalla 4.6. (7)

$$I_k = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad \text{joten} \quad Z = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} \quad (7)$$

jossa  $I_k$  on pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta,  $c$  on kerroin 0,95, joka ottaa huomioon jännitteenaleneman liittimissä, johdoissa, sulakkeissa kytkimissä jne. ja  $U$  on pääjännite.

Virtapiirin kokonaisimpedanssiksi saadaan 1,26 ohmia.

$$Z = \frac{0,95 * 230V}{\sqrt{3} * 100 A} = 1,26 \Omega$$

Suurin sallittu johtimen pituus  $l$  (km) saadaan laskettua D1-käsikirjan yhtälöllä 4.7 (8)

$$l = (\frac{c*U}{\sqrt{3}*I_k} - Z_v) / (2 * z) \quad (8)$$

jossa  $I_k$  on oikosulkuvirta, joka aiheuttaa automaattisen poiskytkennän vaaditussa ajassa,  $Z_v$  on impedanssi ennen suojalaitetta ja  $z$  on suojattavan laitteen impedanssi ( $\Omega/km$ ).

Esimerkissä lasketaan ryhmäkeskuksesta lähtevien kaapeleiden maksimipituudet ensin suurimmalla suojalaitteella ja pienimmällä kaapelikoolla sekä lopuksi pienimmällä suojalaitteella ja suurimmalla kaapelilla, jotta hahmotetaan mitoituksen skaala. Liitteen 1 taulukkoon on laskettu kaikki mahdolliset variaatiot kyseisillä toteutuksilla.

B16-tyypin johdonsuojakatkaisimelle vaadittava oikosulkuvirta oli 80 A. D1-tilukosta 41.6 saatava kaapeleiden likimääräinen impedanssi  $z$  2,5mm<sup>2</sup> kuparikaapelille on 8,77 ( $\Omega/km$ ).

Suurin sallittu johtopituus  $l$  2,5mm<sup>2</sup> kaapelilla ja B16-johdinsuojakatkaisijalla on 18 metriä.

$$l = (\frac{0,95*230 V}{\sqrt{3}*80 A} - 1,26 \Omega) / (2 * 8,77 \Omega/km) = 0,018 km = 18 m$$

Kun kaapelin kooksi vaihdetaan 6mm<sup>2</sup> ja johdonsuojakatkaisimeksi valitaan C6, saadaan uudet laskentaan tarvittavat arvot edellä mainituista taulukoista. Tässä tilanteessa suurin sallittu kaapelipituus  $l$  on 402 metriä. [10]

$$l = (\frac{0,95*230 V}{\sqrt{3}*30 A} - 1,26 \Omega) / (2 * 3,66 \Omega/km) = 0,402 km = 402 m$$

## 6.4 Jännitehäviön laskeminen

Vielä lopuksi täytyy laskea jännitehäviöt kaapeleilla. SFS-standardikirjan liitteessä 52G on käsitelty jännitteenalenemaa sähkökäyttäjän asennuksissa. Liitteessä todetaan, että jännitteenalenema liittymispisteen ja minkään kuormituspisteen välillä ei pitäisi olla suurempi kuin alla esitetyn taulukon 5 arvot verrattuna asennuksen nimellisjännitteeseen.

Taulukko 5. Jännitteenaleneman suurimmat sallitut arvot.

Asennuksen tyyppi	Valaistus %	Muu käyttö %
<b>A - Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta</b>	3	5
<b>B - Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä tehonlähteestä*</b>	6	8

\*Suositellaan, että niin pitkälle kuin mahdollista ryhmäjohtojen jännitteenalenema

Kun asennuksen pääjohdot ovat pitempiä kuin 100 m, näitä jännitteenalenemia voidaan kasvattaa 0,005 %

Kun asennuksen pääjohdot ovat pitempiä kuin 100 m, näitä jännitteenalenemia voidaan kasvattaa 0,005 % johdon 100m ylittävän pituuden metriä kohti.

Ilman tätä lisäystä se ei saa olla suurempi kuin 0,5 %.

Jännitteenalenema määritellään sähkölaitteen tehontarpeen mukaan käyttäen soveltuvin osin tasoituskertoimia, tai käyttäen piirien suunniteltuja virtoja.

Jännitteenalenema yksivaiheiselle virtapiirille voidaan laskea kaavalla 9:

$$\Delta u = 200 * \frac{\rho * P * s}{A * U_v^2} \quad (9)$$

jossa  $\Delta u$  on alenemaprocentti,  $\rho$  johdinaineen resistiivisyys,  $P$  kuormituksen teho (kW),  $s$  kuormituksen etäisyys (km),  $A$  johtimen poikkipinta mm<sup>2</sup> ja  $U_v$  vaihejännite (kV).

Lasketaan seuraavaksi esimerkkinä jännitehäviö syötölle, joka toteutetaan B10-tyypin johdonsuojakatkaisimella ja 2,5mm<sup>2</sup> kuparikaapelilla. Liitteen 1 taulukosta 7 kaapelin maksimipituudeksi saadaan 72 metriä. Kuparikaapelin resistiivisyys on 0,022Ωmm<sup>2</sup>/m, ympäristön lämpötilan ollessa +70 °C. Virtapiirin ollessa yksivaiheinen, vaihejännite on 230 V. Teho  $P$  saadaan laskettua kaavalla 10.

$$P = U * I \quad (10)$$

Koska laskennassa haetaan suurinta mahdollista tehoa, päätetään virran suuruudeksi korkein mahdollinen virta, jonka B10-johdonsuojakatkaisijan arvot sallivat. Tämä on 10 ampeeria ja syötön suurin mahdollinen teho  $P$  on siis 2,3 kW.

$$P = 230V * 10A = 2300W = 2,3kW$$

Syötön jännitteenalenemaksi  $\Delta U$  saadaan:

$$\Delta U = 200 * \frac{\frac{0,022\Omega mm^2}{m} * 2,3kW * 0,072km}{2,5mm^2 * 0,23kV^2} = 5,5\%$$

Tämä on hieman yli standardeissa suositeltavan jännitteen aleneman, joten mikäli suo-  
jalaitteen kokoa ei tahdota tai voida muuttaa, on vaihtoehtoina kasvattaa kaapelin ko-  
koa tai lyhentää syötettävää etäisyyttä.

Mikäli syöttö tapahtuu edelleen 2,5mm<sup>2</sup> kaapelilla ja tahdotaan päästä valaistusta syöt-  
tävän kaapelin sallittuihin jännitearvoihin eli jossa jännitehäviö saa olla 3 %, laskee  
kaapelin maksimipituus 39 metriin. Laskun voi toteuttaa soveltamalla kaavaa 9.

$$s = \frac{2,5mm^2 * 0,23kV^2 * 3\%}{200 * \frac{0,022\Omega mm^2}{m} * 2,3kW} = 0,039km = 39m$$

Jos kaapelin poikkipinta kasvatetaan 6mm<sup>2</sup> ja edelleen tahdotaan, että jännitehäviö on  
alle 3 %, saadaan kaapelin maksimipituudeksi 94 metriä. [1,15]

$$\Delta U = \frac{6mm^2 * 0,23kV^2 * 3\%}{200 * \frac{0,022\Omega mm^2}{m} * 2,3kW} = 0,094km = 94m$$

## 7 Järjestelmän huolto

### 7.1 UPS-laitteiston huolto

Koska UPS- laitteistossa ei ole lähes lainkaan liikkuvia osia, on sen huolto pääsääntöisesti ennakoivaa. Laitteisto olisi syytä huoltaa vähintään kerran vuodessa ja kahdesti, mikäli käyttöolosuhteet eivät ole ihanteelliset. Ennakoivalla huollolla voidaan pidentää järjestelmän käyttöikää ja toimintavarmuutta huomattavasti. [16]

UPS- laitteiston ennakoiva huolto sisältää mm.

- järjestelmäpäivitykset
- liitosten, virtapiirien ja säätöjen tarkastukset
- komponenttien tarkastukset mittaamalla
- sisäpuolisen puhdistuksen

### 7.2 Akuston huolto

Akusto on UPS- järjestelmän haavoittuvaisin osa ja sen huoltoon on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Mikäli akustossa on useampi akku, yksikin vioittunut akku voi pysäyttää koko akkusarjan toiminnon ja näin aiheuttaa suuren riskin sähkönvarmennuksessa.

Vaikka suljetuista lyijyakuista puhutaankin huoltovapaina, tarkoittaa se käytännössä sitä, ettei niihin tarvitse vaihtaa akkunesteitä. Niissä on riskinä lämpöriistäytyminen, joka aiheutuu kun lyijykennossa syntynyt lämpö ylittää kennon kyvyn haihduttaa lämpöä ja se voi aiheuttaa muovikuoren sulamista ja pahimmillaan räjähdysten. Syinä lämpöriistäytymiseen voi olla ympäristön lämpötila, ylivaraus, sisäinen oikosulku tai fyysinen vaurio. Akuston huoltovälien noudattamisessa on syytä noudattaa laitetoimittajan ohjeistuksia ja taulukossa 6 on esitetty erään laitevalmistajan suosittelemat huoltovälit 15 kVA:n laitteelle. Huomioitavaa taulukossa on akuston lyhyt vaihtoväli. Mikäli akusto joudutaan vaihtamaan 3 vuoden välein, tulee laitteiston ylläpito käyttäjälle hyvin kalliiksi. Tämänlaisessa tilanteessa on hyvä konsultoida laitevalmistajaa, kuinka akuston käyttöikää olisi mahdollista pidentää tai tarvittaessa harkita toista valmistajaa.

Tärkeissä kohteissa olisi myös hyvä kerran vuodessa aiheuttaa akuston kapasiteettia vastaava sähkökatkos järjestelmän toimivuuden varmistamiseksi. UPS- akkujen varautuminen kestää keskimääräisesti noin 10 kertaa niin kauan kuin akkujen purkautumisaika on. On syytä huomioida, vaikka varmennettu sähköverkko on turvattu akkujen latautumisaikana, järjestelmän varakäyntiaika on lyhempi verrattuna täyteen akustoon. [5,16,17,18]

Taulukko 6. Erään valmistajan suosittelemat normaalit huoltovälit 15 kVA:n UPS-laitteelle.

Huoltotoimenpide	Huoltoväli
Akkujen vaihto	~3-5 vuotta
Akkutesti	~18 kk
Tuuletuspuhaltimen vaihto	~ 5 vuotta

## 8 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia 3-15 kVA:n UPS-järjestelmiä ja niiden suunnitteluun liittyviä asioita. Työssä käytiin ensin läpi UPS-laitteiden toimintaa sekä niiden erilaisia toteutustapoja. Seuraavaksi esitettiin suunnittelussa huomioitavia asioita sekä käsiteltiin järjestelmän suojaukseen tarvittavien suojalaitteiden ominaispiirteitä ja eroavaisuuksia. Tämän jälkeen järjestelmän suunnittelusta tehtiin esimerkki, jossa mitoitettiin sopiva laitteisto, suojalaitteet sekä kaapelointi.

Rajatun aihealueen takia työ pyrittiin pitämään kompaktina ja esimerkiksi UPS-laitteistoihin keskittyvässä osiossa perehdyttiin vain On-Line UPS-laitteisiin, joita käytetään tehoalueella eniten. Yleisessä teoriaosuudessa monia aiheita käsitellään laajalaisesti rajaamatta niitä tietylle tehoalueelle, sillä monet järjestelmän toteutustapaan ja toimintaan liittyvät lainalaisuudet ovat samoja kaikille UPS-järjestelmille, huolimatta niiden tehosta.

Työn rajaaminen pienelle tehoalueelle asetti haasteita, sillä lähes kaikki lähdetieto käsitteli suurempitehoisia UPS-järjestelmiä. Pienitehoisilla UPS-laitteilla merkittävin suunnitteluun vaikuttava tekijä on laitteiston syöttämä pieni oikosulkuvirta akustokäytöllä. Usein UPS-laite joudutaankin ylivoimattamaan, jotta oikosulkuvirta saadaan riittävän

suureksi. Toinen mahdollisuus on toteuttaa järjestelmä redundanttisena, jolloin oikosulkuvirtaa saadaan kasvatettua, mutta myös laitteiston huollettavuus paranee. Opinnäytetyön merkittävimpänä tuloksena pidän taulukoita, jossa esitetään akustokäytöllä kaapeleiden maksimipituuksia eri UPS-laitteilla ja suojauksilla. Liitteen 1 taulukossa 7 jännitteenalenemaa ei ole huomioitu, jotta tämän opinnäytetyön lukijalla on mahdollisuus määritellä kaapeleiden pituudet haluamallaan jännitteenalenemalla. Taulukon 8 kaapeleiden maksimipituudet on laskettu sallien kaapeleille enintään 5 % jännitteenalenema. Taulukoita on mahdollista käyttää apuvälineenä järjestelmien suunnittelussa käytännössä ja se tukee Granlund Oy:n suunnittelemien liiketilojen UPS-järjestelmien suunnittelua.



## Lähteet

- 1 SFS-käsikirja 600, Pienjännitesähkoasennukset ja sähkötyöturvallisuus. 2007. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.
- 2 Tumnavuori Juha 2010. UPS-laitteet ja järjestelmät. ST 52.35.01. Espoo: Sähkö-tieto ry.
- 3 Seppänen Jarmo 2015. Projektipäällikkö, Granlund Oy, Helsinki. Keskustelu 16.3.2015
- 4 Hakanen Pertti (toim.) 2005. Varmennetut sähköjakelujärjestelmät, ST-käsikirja 20. Espoo: Sähkötieto ry.
- 5 UPS-käsikirja. 2013. Verkkodokumentti. Eaton Power Quality Oy. <<http://powerquality.eaton.com/Products-services/Backup-Power-UPS/9155.aspx?cx=79>> >> Tuotemateriaalit >> UPS-käsikirja. Luettu 15.3.2015.
- 6 Poikonen Pasi 2010. UPS-laitteella varmennetun sähköjakelujärjestelmän suunnittelu ja toteutus. ST 52.35.02. Espoo: Sähkötieto ry.
- 7 Korpinen Leena. Yliaalto-opus. Verkkodokumentti. <<http://www.leenakorpinen.fi/archive/opukset/yliaalto-opus.pdf>> Luettu 21.4.2015
- 8 Kupari Sampsa. 3-vaihesähkön perusteet. Verkkodokumentti. Metropolia Ammat-tikorkeakoulu. Luettu 21.4.2015
- 9 UPS-laitteen valinta ja asennus. 2010. Verkkodokumentti. Eaton Power Quality Oy. <<http://powerquality.eaton.com/Products-services/Backup-Power-UPS/9155.aspx?cx=79>> >> Tuotemateriaalit >> UPS-laitteen valinta ja asennus. Luettu 4.4.2015.
- 10 Tiainen, Esa (toim.). 2013. D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.
- 11 Poikonen Pasi 2008. Kiinteistön sähköverkon suojauksen selektiivisyys. ST 52.13. Espoo: Sähkötieto ry.
- 12 Johdotuskaavio Eaton 9155. 2010. Verkkodokumentti. Eaton Power Quality Oy. <<http://powerquality.eaton.com/Products-services/Backup-Power-UPS/9155.aspx?cx=79>> >> Tuotemateriaalit >> Johdotuskaavio Eaton 9155. Lu-ettu 4.4.2015.

- 13 Eaton UPS-mallien sähköiset arvot. 2014. Verkkodokumentti. Eaton Power Quality Oy. <<http://powerquality.eaton.com/Products-services/Backup-Power-UPS/9155.aspx?CX=79&cmx=231&GUID=CB1EC2E1-9A94-4E0C-B4E7-2C673E4AF946>> >>Tuotemateriaalit >> Eaton UPS-mallien sähköiset arvot. Luettu 10.3.2015
- 14 Heidi P. Nielsen. 2015. Sähköpostikeskustelu. APC by Schneider. 19.3.2015
- 15 Aleneman laskeminen. Verkkodokumentti. Virtuaali Ammattikorkeakoulu. <<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1132057231100/1132058059176/1132059476614/1133272908995.html>> Luettu 20.4.2015
- 16 Tummavuori Juha. 2010. UPS-järjestelmän käyttö, ylläpito ja huolto. ST 96.32. Espoo: Sähkötieto ry.
- 17 Tummavuori Juha 2010. UPS-järjestelmän asennus ja käyttöönotto. ST 52.35.03. Espoo: Sähkötieto ry.
- 18 9155 Käyttöohje UPS 8-15 kVA. 2007. Verkkodokumentti. Eaton Power Quality Oy. <<http://powerquality.eaton.com/Products-services/Backup-Power-UPS/9155.aspx?cx=79>> >>Tuotemateriaalit >> 9155 Käyttöohje UPS 8-15 kVA. Luettu 23.3.201

## Liite 1. UPS-laitteiden ryhmäkeskuksista lähtevien kaapeleiden maksimipituuksia akustokäytöllä

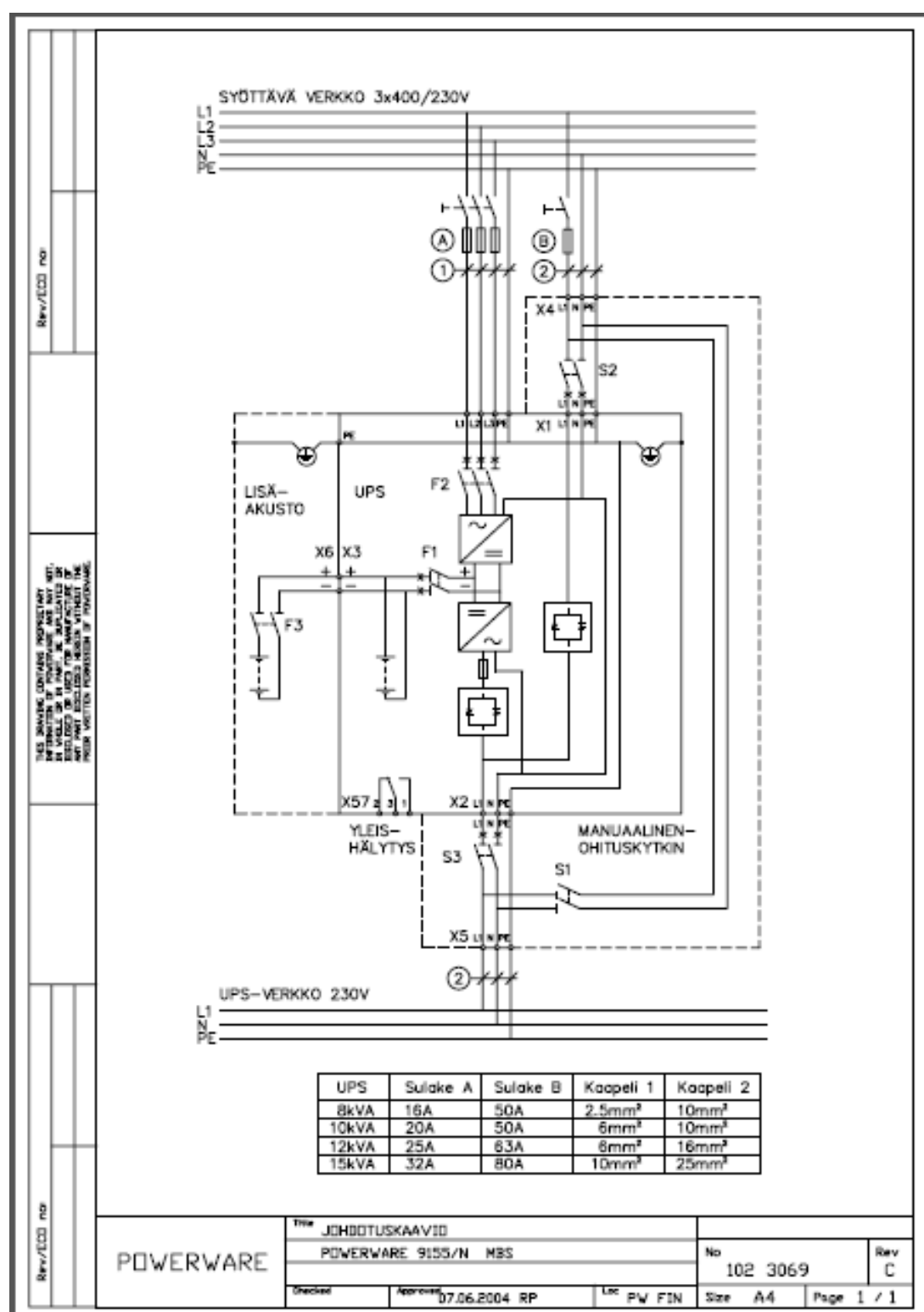
Taulukko 7. Kaapeleiden maksimipituudet (m) ilman jännitteenalenemaa

UPS'in koko [Tyyppi], oikosulkuvirta (toiminta-aika)	B6-MMJ 3x2,5	B10-MMJ 3x2,5	B16-MMJ 3x2,5	C6-MMJ 3x2,5	C10-MMJ 3x2,5	B6-MMJ 3x6	B10-MMJ 3x6	B16-MMJ 3x6	C6-MMJ 3x6	C10-MMJ 3x6
<b>EATON</b>										
3 kVA [9130], Ik=44 A (100ms)	76	-	-	-	-	182	-	-	-	-
5 kVA [9130], Ik=90 A (100ms)	160	64	10	40	-	383	153	24	96	-
8 kVA [9155], Ik=100A (300ms)	167	72	18	48	-	402	172	43	115	-
15 kVA [9155], Ik=144A (300ms)	189	93	40	70	22	454	225	95	167	52
<b>APC</b>										
3 kVA [Smart-UPS RT 3000], Ik=43 A (500ms)	72	-	-	-	-	174	-	-	-	-
5 kVA [Smart-UPS SRT 5000], Ik=64 A (600ms)	127	31,5	-	7,5	-	305	75	-	18	-

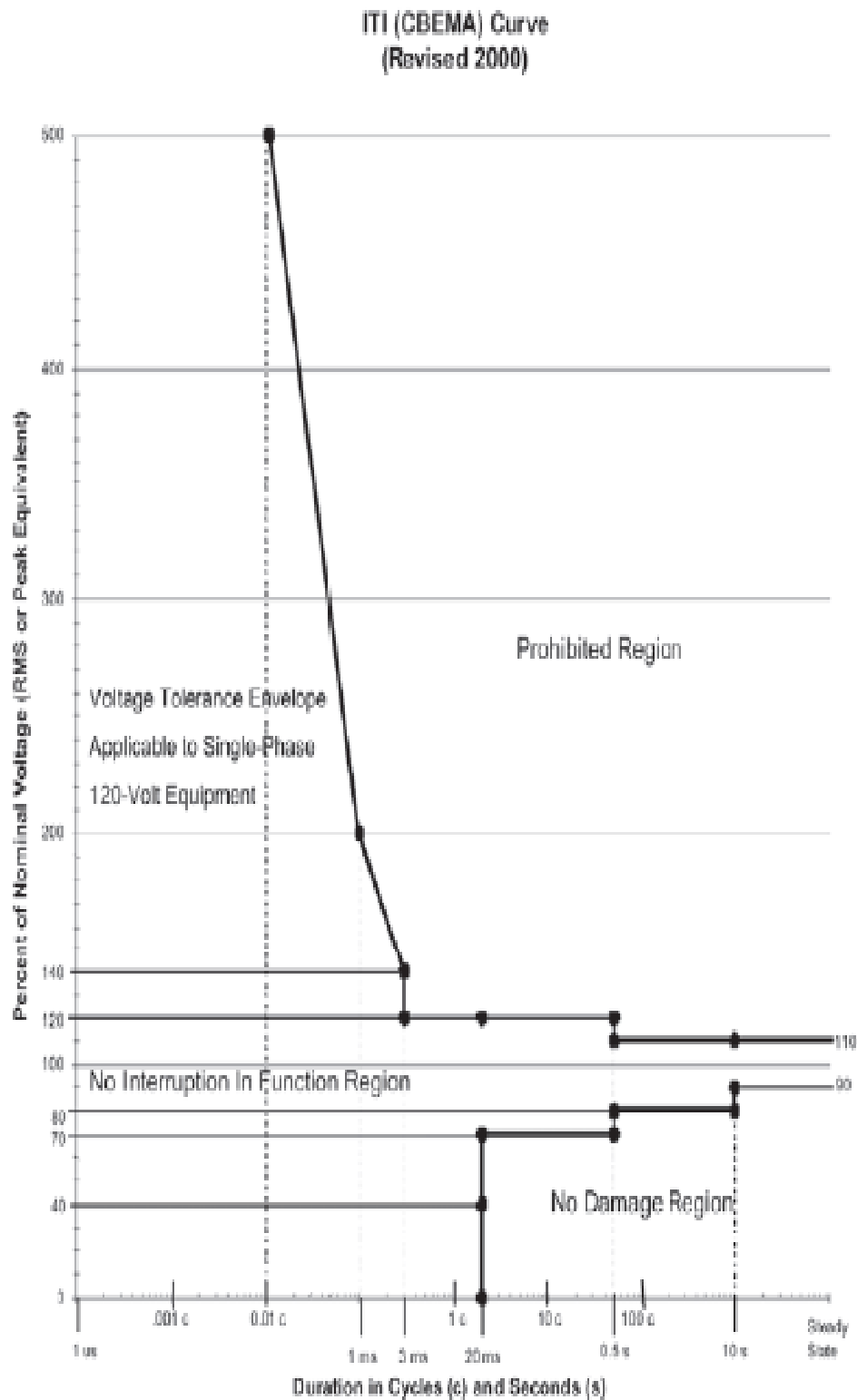
Taulukko 8. Kaapeleiden maksimipituudet (m) 5 % jännitteenalenemalla.

UPS:n koko [Tyyppi], oikosulkuvirta (toiminta-aika)	B6-MMJ 3x2,5	B10-MMJ 3x2,5	B16-MMJ 3x2,5	C6-MMJ 3x2,5	C10-MMJ 3x2,5	B6-MMJ 3x6	B10-MMJ 3x6	B16-MMJ 3x6	C6-MMJ 3x6	C10-MMJ 3x6
EATON										
3 kVA [9130], Ik=44 A (100ms)	76 (3,5%)	-	-	-	-	182 (3,5%)	-	-	-	-
5 kVA [9130], Ik=90 A (100ms)	109 (5%)	64 (4,9%)	10 (1,2%)	40 (1,8%)	-	261 (5%)	153 (4,9%)	24 (1,22%)	96 (1,8%)	-
8 kVA [9155], Ik=100A (300ms)	109 (5%)	65 (5%)	18 (2,2%)	48 (2,2%)	-	261 (5%)	156 (5%)	43 (2,2%)	115 (2,2%)	-
15 kVA [9155], Ik=144A (300ms)	109 (5%)	65 (5%)	40 (4,9%)	70 (3,2%)	22 (1,7%)	261 (5%)	156 (5%)	95 (4,8%)	167 (3,2%)	52 (1,7%)
APC										
3 kVA [Smart-UPS RT 3000], Ik=43 A (500ms)	72 (3,3%)	-	-	-	-	174 (3,3%)	-	-	-	-
5 kVA [Smart-UPS SRT 5000], Ik=64 A (600ms)	109 (5%)	31 (2,4%)	-	7,5 (0,3%)	-	261 (5%)	75 (2,4%)	-	18 (0,3%)	-
Prosentuaalinen jännitteendalenema esitetty suluissa										

## Liite 2. Eaton 9155 UPS-laitteen johdotuskaavio

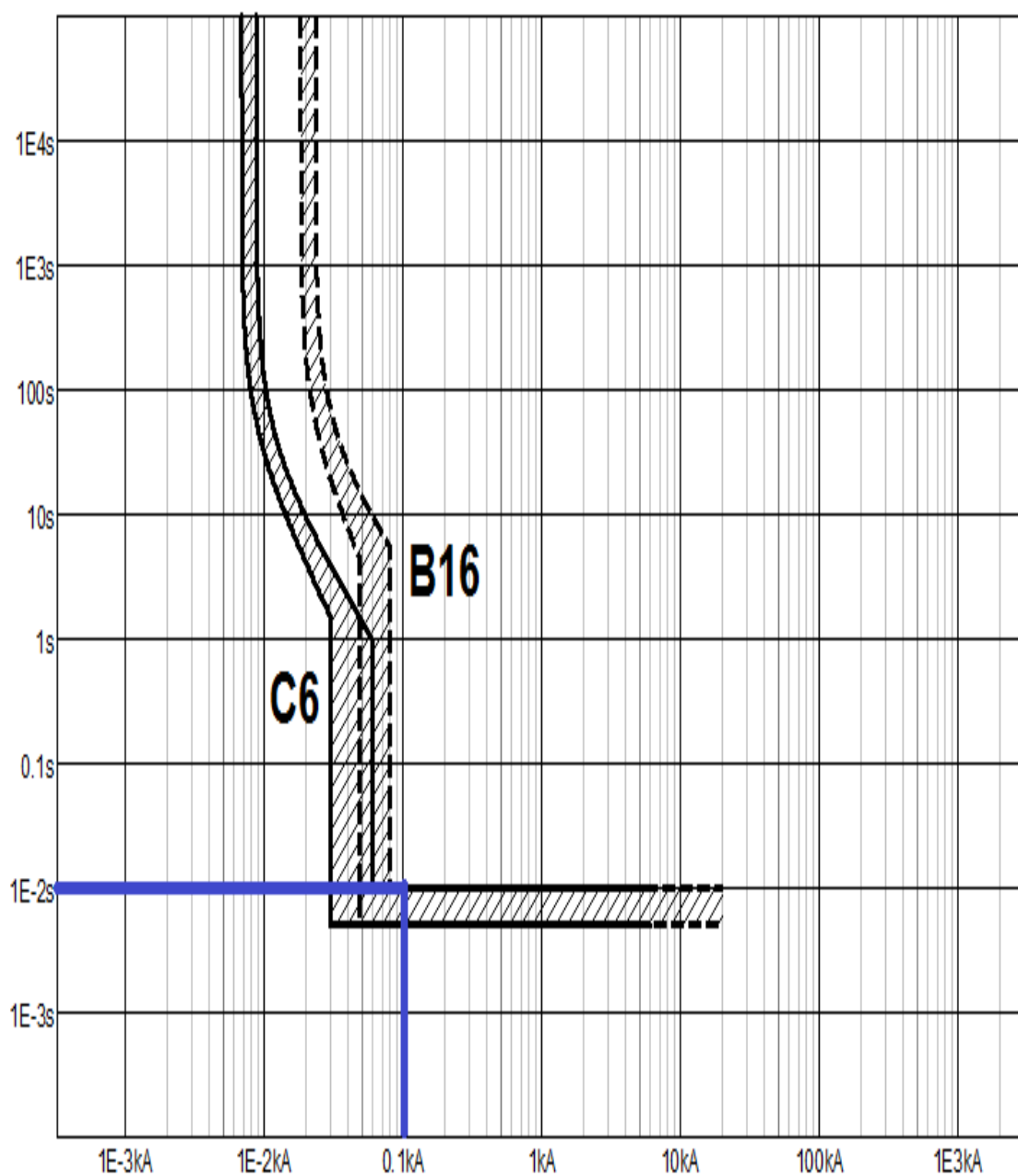


Liite 3. ITI (CBEMA) – käyrästö



**Liite 4 Suojalaitteiden toimintakäyrät**

B16- ja C6-tyyppin johdonsuojakatkaisijoiden toimintakäyrät.



Liite 5 Eaton UPS-laitteiden teknisiä tietoja

Eaton UPS	JARJESTELMA ARVOT				AKUSTO	TULOVERKKO			OHTUSVERKKO		LAHTOVERKKO				
	Nimellisteho [kVA/kW]	Un [V] Input/Output	F <sub>n</sub> [Hz]	EFF [%] Normal / HE	Un VDC In	Valhe- Luku	Tulovirta In[A]	Tulosuake Fn [A]	Valhe- Luku	Ohtus- suake [A]	Valhe- Luku	Lähtövirta In [A]	Oikosuiku- virta Isc[A]	Oikosuiku- aika [ms]	** Suurin suake Fmax 0.4s
5130	1,25 / 1,15	230	50 / 60	94 %	120	1	5,8	10	-	-	1	5,4	30	80	-
5130	1,75 / 1,6	230	50 / 60	94 %	120	1	8,1	10	-	-	1	7,6	45	80	B6
5130	2,5 / 2,25	230	50 / 60	94 %	120	1	11,5	16	-	-	1	10,9	80	80	B10/C6
5130	3,0 / 2,7	230	50 / 60	94 %	120	1	13,8	16	-	-	1	13,0	80	80	B10/C6
5P	650/420	230	50 / 60	98 %	12	1	3,1	10	-	-	1	2,8			
5P	850/600	230	50 / 60	98 %	24	1	4,0	10	-	-	1	3,7			
5P	1150/770	230	50 / 60	98 %	24	1	5,3	10	-	-	1	5,0			
5P	1550/1100	230	50 / 60	98 %	36	1	7,0	10	-	-	1	6,7			
5PX	1,5 / 1,35	230	50 / 60	94 %	48	1	6,6	10	-	-	1	5,0	45	80	B6
5PX	2,2 / 1,98	230	50 / 60	94 %	48	1	9,7	10	-	-	1	7,3	45	80	B6
5PX	3,0 / 2,7	230	50 / 60	94 %	72	1	13,1	16	-	-	1	9,8	110	80	B16/C10
9130	0,7 / 0,63	230	50 / 60	95 %	24	1	3	10	-	-	1	3,0	14,5	100	-
9130R	0,7 / 0,63	230	50 / 60	95 %	36	1	3	10	-	-	1	3,0	14,5	100	-
9130	1 / 0,9	230	50 / 60	95 %	36	1	4,3	10	-	-	1	4,3	14,5	100	-
9130	1,5 / 1,35	230	50 / 60	95 %	48	1	6,5	10	-	-	1	6,5	22	100	-
9130R	2,0 / 1,8	230	50 / 60	95 %	72	1	8,7	10	-	-	1	8,7	29	100	-
9130	2,0 / 1,8	230	50 / 60	95 %	96	1	8,7	10	-	-	1	8,7	29	100	-
9130R	3,0 / 2,7	230	50 / 60	95 %	72	1	13	16	-	-	1	13,0	44	100	B6
9130	3,0 / 2,7	230	50 / 60	95 %	96	1	13	16	-	-	1	13,0	44	100	B6
9130	5,0 / 4,5	230	50 / 60	98 %	240	1	22	25	1	25	1	21,7	90	100	B10/C6
9130	6,0 / 5,4	230	50 / 60	98 %	240	1	26	32	1	32	1	26,1	110	100	B16/C10
9140	10 / 8	230	50 / 60	90 %	384	1	45	50	1	50	1	44	100	100	B16/C6
9140	7,5 / 6	230	50 / 60	90 %	384	1	35	40	1	40	1	33	100	100	B16/C6
9140	10 / 8	230	50 / 60	90 %	384	3	15	16	1	50	1	44	100	100	B16/C6
9140	7,5 / 6	230	50 / 60	90 %	384	3	12	16	1	40	1	33	100	100	B16/C6
9PX	5/4,5	230	50 / 60	98 %	180	1	21	50	-	-	1	21,7	90		
9PX	6/5,4	230	50 / 60	98 %	180	1	25,2	50	-	-	1	26,1	90		
9PX	8/7,2	230	50 / 60	98 %	240	1	31,7	80	-	-	1	33,3	120		
9PX	11/10	230	50 / 60	98 %	240	1	43,9	80	-	-	1	47,8	150		
9PX 3:1	6 / 5,4	230	50 / 60	98 %	240	3	8,1	10	-	-	1	25	90		
9PX 3:1	8/7,2	230	50 / 60	98 %	240	3	10,6	16	-	-	1	33,3	120		
9PX 3:1	11/10	230	50 / 60	98 %	240	3	14,6	16	-	-	1	47,8	150		

\*\* Tämä suakkeen arvo on suunniteltu antava, sähkösuunnittelijan pitää tarkastella tämä aina tapauskohtaisesti



EATON UPS	JARJESTELMA ARVOT				AKUSTO		TULOVERKKO			OHITUSVERKKO		LAHTOVERKKO				
	Nimellisteho [KVA/KW]	Un [V] Input/Output	F <sub>n</sub> [Hz]	EFF [%] Normal / ESS mode	Un VOC	In	Valhe- Luku	Tulovirta In[A]	Tulosuila Fn [A]	Valhe- Luku	Ohitus- suila [A]	Valhe- Luku	Lähtövirta In [A]	Ohikosuiku- virta Isc[A]	Ohikosuiku- alka [ms]	** Suurin sulake Fmax 0.4s
9155	8 / 7,2	230/400	50/60	91 %	384	21	1	34,8	40	1	40	1	35	100	300	B16/C6
9155	8 / 7,2	230/400	50/60	91 %	384	21	3	11,6	16	1	40	1	35	100	300	B16/C6
9155	10 / 9	230/400	50/60	91 %	384	26	1	43,5	50	1	50	1	44	100	300	B16/C6
9155	10 / 9	230/400	50/60	91 %	384	26	3	14,5	25	1	50	1	44	100	300	B16/C6
9155	12 / 10,8	230/400	50/60	91 %	384	31	3	17,4	25	1	63	1	53	144	300	B16/C10
9155	15 / 13,5	230/400	50/60	91 %	384	39	3	21,8	25	1	80	1	66	144	300	B16/C10
9155	20 / 18	230/400	50/60	93 %	384	50	3	28,1	40	1	100	1	87	300	300	B50/C25
9155	30 / 27	230/400	50/60	93 %	384	76	3	42,1	50	1	160	1	130	300	300	B50/C25
9355	8 / 7,2	230/400	50/60	91 %	384	21	3	11,6	16-32	3	16	3	11,6	55	300	B10/C4
9355	10 / 9	230/400	50/60	91 %	384	26	3	14,5	20-32	3	16	3	14,5	55	300	B10/C4
9355	12 / 10,8	230/400	50/60	91 %	384	31	3	17,4	25-32	3	20	3	17,4	55	300	B10/C4
9355	15 / 13,5	230/400	50/60	91 %	384	39	3	21,8	25-32	3	25	3	21,8	55	300	B10/C4
9355	20 / 18	230/400	50/60	92 %	432	45	3	28,1	32-50	3	32	3	28,1	110	300	B16/C10
9355	30 / 27	230/400	50/60	93 %	432	67	3	42,1	50	3	50	3	42,1	110	300	B16/C10
9355	40 / 36	230/400	50/60	93 %	432	90	3	55,1	63-80	3	63	3	55,1	145	300	B16/C10
9350-40	40 / 36	230/400	50/60	94 %	480	80	3	58	63-80	3	63	3	57	120	300	B16/C10
9350-60	60 / 54	230/400	50/60	93 %	480	121	3	87	100	3	100	3	87	240	300	B32/C20
9350-80	80 / 72	230/400	50/60	94 %	480	160	3	116	125-160	3	125	3	116	240	300	B32/C20
9350-100	100 / 90	230/400	50/60	93 %	480	224	3	145	160-200	3	160	3	145	360	300	B53/C32
9350-120	120 / 108	230/400	50/60	94 %	480	239	3	173	200-250	3	200	3	173	360	300	B53/C32
9350-160	160 / 144	230/400	50/60	94 %	480	319	3	232	250-300	3	250	3	232	480	300	B80/C40
9355-225	225 / 200	230/400	50/60	94 %	480	443	3	318	350-400	3	400	3	326	800	300	G980
9355-275	275 / 250	230/400	50/60	94 %	480	554	3	388	400-500	3	400	3	398	800	300	G9100
9355-450	450 / 400	230/400	50/60	94 %	480	887	3	636	800	3	700	3	652	1600	300	G9160
9355-550	550 / 500	230/400	50/60	94 %	480	1108	3	776	1000	3	1000	3	797	1600	300	G9160
9355-825	825 / 750	230/400	50/60	94 %	480	1662	3	1163	1250-1600	3	1250	3	1197	2400	300	G9250
9355-1100	1100 / 1000	230/400	50/60	94 %	480	1662	3	1588	1600-2000	3	1600	3	1595	3200	300	G9315
BLADE 12x1	12 / 12	230/400	50/60	92 / 98	240	54	3	24	25-32	3	32	3	18	44	300	B6
BLADE 12x2	24 / 24	230/400	50/60	92 / 98	240	109	3	48	50-63	3	63	3	36	88	300	B16/C6
BLADE 12x3	36 / 36	230/400	50/60	92 / 98	240	163	3	72	80	3	80	3	54	132	300	B20/C10
BLADE 12x4	48 / 48	230/400	50/60	92 / 98	240	217	3	96	100-125	3	125	3	72	176	300	B32/C16
BLADE 12x5	60 / 60	230/400	50/60	92 / 98	240	272	3	120	125	3	150	3	90	220	300	B40/C20
BLADE 12x6	72 / 72	230/400	50/60	92 / 98	240	326	3	144	160	3	160	3	108	264	300	B50/C25
93PM-30	30 / 30	230/400	50/60	96 / 99	432-480	73 / 65	3	46	63	3	63	3	43	170	400	B32/C16
93PM-40	40 / 40	230/400	50/60	96 / 99	432-480	97 / 87	3	61	80	3	80	3	58	170	400	B32/C16
93PM-50	50 / 50	230/400	50/60	96 / 99	432-480	121 / 109	3	76	100	3	100	3	72	170	400	B32/C16
93PM-60	60 / 54	230/400	50/60	96 / 99	432-480	130 / 117	3	81	100	3	100	3	87	170	400	B32/C16
93PM-80	80 / 80	230/400	50/60	96 / 99	432-480	193 / 173	3	121	150	3	150	3	116	345	400	B53/C32
93PM-100	100 / 100	230/400	50/60	96 / 99	432-480	241 / 217	3	151	200	3	200	3	145	345	400	B53/C32
93PM-120	120 / 120	230/400	50/60	96 / 99	432-480	290 / 260	3	181	200	3	200	3	174	510	400	G563
93PM-150	150 / 150	230/400	50/60	96 / 99	432-480	362 / 326	3	226	315	3	315	3	218	510	400	G563
93PM-160	160 / 160	230/400	50/60	96 / 99	432-480	386 / 347	3	241	315	3	315	3	231	670	400	G563
93PM-200	200 / 200	230/400	50/60	96 / 99	432-480	483 / 434	3	301	400	3	400	3	289	670	400	G563

\*\* Tämä suakkeen arvo on suuntaa antava, sähkösuunnittelijan pitää tarkastella tämä aina tapauskohtaisesti!